

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :

G02F 1/03, 1/21

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/16345

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum:

30. Mai 1996 (30.05.96)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE95/01538

(22) Internationales Anmeldedatum: 7. November 1995 (07.11.95)

(30) Prioritätsdaten:

P 44 41 180.4

18. November 1994 (18.11.94) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS  
AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2,  
D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GOTTWALD, Erich  
[DE/DE]; Josef-Kammerloher-Strasse 18, D-83607  
Holzkirchen (DE). DAS, Chandan [IN/DE]; Hauptstrasse  
25b, D-82216 Maisach (DE).(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT,  
BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

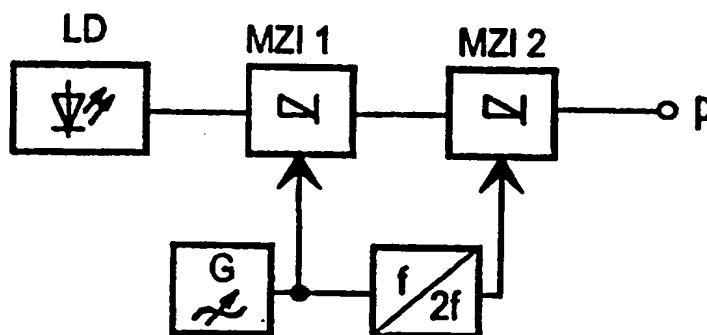
(54) Title: PULSE SOURCE WITH A LASER AND A DOWNSTREAM CHAIN CIRCUIT OF TWO SINUSOIDAL-VOLTAGE-  
CONTROLLED MODULATORS(54) Bezeichnung: PULSQUELLE MIT EINEM LASER UND EINER IHM NACHGESCHALTETEN KETTENSCHALTUNG ZWEIER  
MIT SINUSFÖRMIGEN SPANNUNGEN ANGESTEUERTER MODULATOREN

(57) Abstract

Downstream of a c.w. laser is a chain circuit of two amplitude modulators based on double-gap interferences which are controlled by two mutually phase-locked sinusoidal modulator voltages of frequency  $f$  or  $2f$ , where  $2f$  is the pulse repetition rate, in which both double-gap interferometers are run at the full-transmission operating point and the control amplitudes are selected so that the modulating voltage of the modulator concerned is in a state of minimum transmission at the peak modulation voltages.

(57) Zusammenfassung

Einem CW-betriebenen Laser ist die Kettenschaltung zweier auf Zweistrahlinterferenz basierender Amplitudenmodulatoren nachgeschaltet, die mit zwei miteinander phasenstarr gekoppelten sinusförmigen Modulatorspannungen der Frequenz  $f$  bzw.  $2f$  - wobei  $2f$  die Pulswiederholungsrate ist - angesteuert werden, wobei beide Zweistrahlinterferometer im Arbeitspunkt voller Transmission betrieben werden und die Ansteueramplituden so gewählt sind, daß bei den Scheitelwerten der Modulationsspannung der jeweilige Modulator sich in einem Zustand minimaler Transmission befindet.



BEST AVAILABLE COPY

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

## Beschreibung

Pulsquelle mit einem Laser und einer ihm nachgeschalteten Kettenschaltung zweier mit sinusförmigen Spannungen angesteuerter Modulatoren

Als mit definierter Wiederholungsrate laufende optische Pulsquellen verwendet man im allgemeinen mode-gelockte oder güte-geschaltete Laser oder auch durch entsprechende elektrische Impulse direktmodulierte Laserdioden. Nachteilig bei mode-gelockten und güte-geschalteten Lasern ist, daß ohne Nachjustierung des Laserresonators nur diskrete Pulswiederholungs-raten einstellbar sind (ganzzahlige Vielfache des Modenabstands); eine automatische Nachregelung erscheint als sehr schwierig. Um die Intensität bzw. Amplitude des von einem Halbleiterlaser ausgehenden Lichts im Wege einer Direktmodulation zu modulieren, muß der Laserdiode ein relativ hoher Strom zugeführt werden; problematisch ist ausserdem, daß mit einer solchen Direktmodulation auch ein unerwünschter Chirp verbunden ist, d.h. eine austuerungsabhängige Änderung der Wellenlänge des ausgesandten Lichts.

Modifizierte Direktmodulationsverfahren sehen eine gewollte Frequenz-(oder auch Phasen-)Modulation des Lasers mit nachfolgender Umsetzung in eine Intensitätsmodulation mittels eines hinter den Halbleiterlaser geschalteten Mach-Zehner-Interferometers vor; dabei wird eine additive bzw. subtraktive Interferenz zweier gegeneinander verzögerter Strahlengänge durchgeführt und damit am Ausgang eine entsprechende Intensitätsmodulation erreicht (Electronics Letters, Vol. 28, No.12, (02.07.92), pp 1305 - 1306, U. Fischer: 10Gbit/s-Transmission Over 69 km of Non-Dispersion-Shifted Singlemode Fibre With CPFSK Direct Modulation of 1,55  $\mu\text{m}$  BH DFB-Laser).

Bei einer anderen bekannten Pulsquelle ist einem Laser eine Kettenschaltung zweier mit sinusförmigen Spannungen angesteuerter Elektroabsorptionsmodulatoren (EAM) nachgeschaltet, wobei kurze Pulse mit Wiederholungsfrequenzen bis zu 5 GHz er-

zeugt wurden (Electronics Letters, Vol.29, No.16 (05.08.93), pp 1449 ... 1451, H. Takana et al: Optical Short Pulse Generation by Double Gate Operation of Tandem Connected Electroabsorption Modulators Driven by Sinusoidal Voltages). Elektroabsorptionsmodulatoren vertragen allerdings nur relativ geringe optische Leistungspegel und sind im übrigen für höhere Repititionsraten zu langsam.

Die Erfindung zeigt nun einen Weg zu einer die genannten Nachteile vermeidenden optischen Pulsquelle.

Die Erfindung betrifft eine Pulsquelle mit einem Laser und einer ihm nachgeschalteten Kettenschaltung zweier mit sinusförmigen Spannungen angesteuerter Modulatoren; diese Pulsquelle ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß einem CW(Continous Wave)-betriebenen Laser die Kettenschaltung zweier auf Zweistrahlint interferenz basierender Amplitudenmodulatoren, insbesondere Mach-Zehnder-Interferometer, nachgeschaltet ist, die mit zwei miteinander phasenstarr gekoppelten sinusförmigen Modulatorspannungen der Frequenz  $f$  bzw.  $2f$  - wobei  $2f$  die Pulswiederholungsrate ist - angesteuert werden, wobei beide Zweistrahlint interferometer im Arbeitspunkt voller Transmission betrieben werden und die Ansteueramplituden so gewählt sind, daß bei den Scheitelwerten der Modulationsspannung der jeweilige Modulator sich in einem Zustand minimaler, d.h. allenfalls vernachlässigbar niedriger Transmission befindet.

Die Erfindung schafft eine hochratige Pulsquelle für fourierlimitierte optische Pulse mit durch einfaches Durchstimmen der Modulationsfrequenz  $f$  definiert kontinuierlich durchstimmbarer Pulswiederholungsrate  $2f$  und konstantem Verhältnis von Pulsabstand  $\Delta T = 1/2f$  und Pulsbreite  $\Delta t$ , wobei  $\Delta T/\Delta t \geq 6$  ist.

An Hand der Zeichnungen sei die Erfindung noch näher erläutert. Dabei zeigt

FIG 1 das Schaltbild einer Pulsquelle gemäß der Erfindung;  
 FIG 2 verdeutlicht den zeitlichen Verlauf der Pulse.

In FIG 1 ist schematisch in einem zum Verständnis der Erfindung erforderlichen Umfange eine optische Pulsquelle mit einem Laser LD und zwei ihm kaskadiert nachgeschalteten Amplitudenmodulatoren MZI1, MZI2 skizziert, die jeweils mit einer Sinusspannung beaufschlagt werden. Der zweckmäßigerweise durch eine Laserdiode gebildete Laser LD arbeitet im CW(Continuous Wave)-Betrieb. Die beiden beispielsweise mit zwei Mach-Zehnder-Interferometern gebildeten, auf dem Prinzip der Zweistrahlinterferenz basierenden Amplitudenmodulatoren werden jeweils in einem Arbeitspunkt voller Transmission betrieben und aus diesem Arbeitspunkt heraus durch eine sinusförmige Modulationsspannung gesteuert, wobei sich die jeweilige Transmission in einer  $\cos^2$ -Abhängigkeit von der Ansteuerungsspannung ändert. Dabei wird der erste Amplitudenmodulator MZI1 durch eine von einer entsprechenden, durchstimmbaren Quelle G erzeugte Sinusspannung einer Frequenz  $f$  gesteuert und der zweite Amplitudenmodulator MZI2 durch eine damit phasenstarr gekoppelte Sinusspannung der Frequenz  $2f$ . Wie dies auch aus FIG 1 ersichtlich ist, kann dabei die Sinusspannung der Frequenz  $2f$  aus der Sinusspannung der Frequenz  $f$  durch Frequenzverdoppelung in einem Frequenzumsetzer  $f/2f$  erzeugt werden. Die Amplituden der beiden Modulationsspannungen werden dabei so gewählt, daß an den Scheitelwerten der jeweiligen Modulationsspannung der betreffende Modulator jeweils in einen Zustand minimaler, d.h. allenfalls vernachlässigbar niedriger Transmission gelangt. Man erhält dann am Ausgang  $p$  des zweiten Amplitudenmodulators MZI2 optische Pulse der Form

$$p(t) = \left[ \cos\left(\frac{\pi}{2} \sin 2\pi f t\right) \right]^2 \cdot \left[ \cos\left(\frac{\pi}{2} \sin 4\pi f t\right) \right]^2,$$

deren Repetitionsrate der Frequenz  $2f$  entspricht und deren Pulsdauer etwa  $1/13f$  beträgt, wie dies auch in FIG 2 angedeutet ist. Mit den zur Zeit kommerziell erhältlichen Mach-Zehnder-Modulatoren lassen sich so Repetitionsraten  $1/\Delta T$  von etwa 20 GHz und Pulsdauern  $\Delta t < 8$  ps realisieren.

## Patentansprüche

1. Pulsquelle mit einem Laser und einer ihm nachgeschalteten Kettenschaltung zweier mit sinusförmigen Spannungen angesteuerter Modulatoren,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
daß einem CW-betriebenen Laser (LD) die Kettenschaltung zweier auf Zweistrahlint interferenz basierender Amplitudenmodulatoren (MZI1, MZI2) nachgeschaltet ist, die mit zwei miteinander  
10 phasenstarr gekoppelten sinusförmigen Modulationsspannungen der Frequenz  $f$  bzw.  $2f$  angesteuert werden, wobei beide Zweistrahlint interferometer in einem Arbeitspunkt voller Transmission betrieben werden und die Modulationsspannungsamplituden so gewählt sind, daß bei den Scheitelwerten der Modulationsspannung der jeweilige Modulator MZI1 bzw. MZI2) sich in einem  
15 Zustand minimaler Transmission befindet.
2. Pulsquelle nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 daß dem CW-Laser (LD) zwei Mach-Zehnder-Modulatoren (MZI1, MZI2) in Kette nachgeschaltet sind.
3. Pulsquelle nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 daß die zweite Modulationsspannung durch Frequenzverdopplung aus der ersten Modulationsspannung gewonnen wird.

1/1

FIG 1

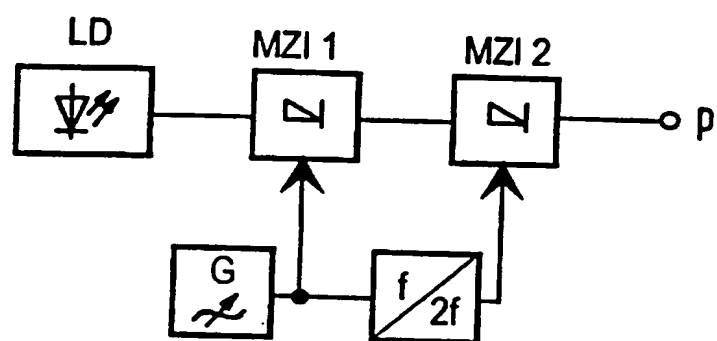
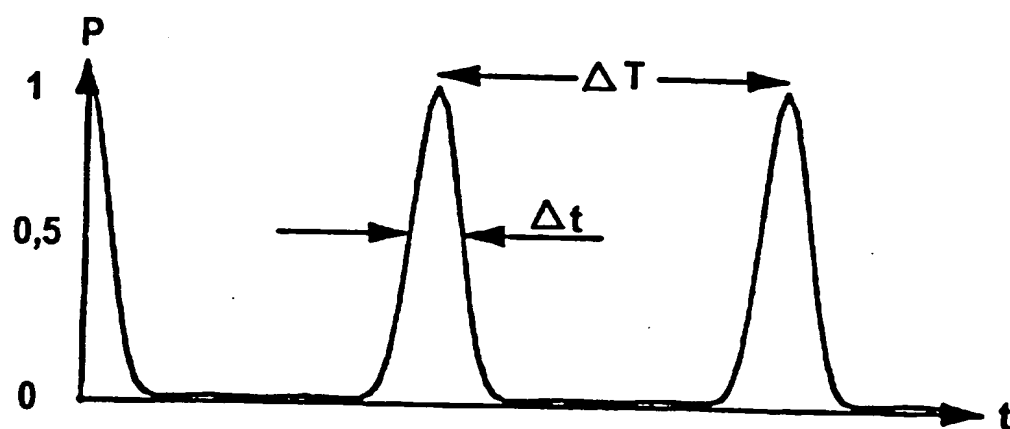


FIG 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 95/01538

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 G02F1/03 G02F1/21

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US,A,4 505 587 (HAUS HERMANN A ET AL) 19 March 1985 see abstract see column 1, line 43 - column 3, line 20 see column 4, line 15 - line 18 see claims; figures	1-3
A	----- ELECTRONICS LETTERS, 5 AUG. 1993, UK, vol. 29, no. 16, ISSN 0013-5194, pages 1449-1451, XP 000388437 TANAKA H ET AL 'Optical short pulse generation by double gate operation of tandem connected electroabsorption modulators driven by sinusoidal voltages' cited in the application see the whole document -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 February 1996

Date of mailing of the international search report

21.02.1996

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Iasevoli, R



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 95/01538

Patent document  
cited in search report

Publication  
date

Patent family  
member(s)

Publication  
date

US-A-4505587

19-03-85

NONE

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 95/01538

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 G02F1/03 G02F1/21

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 G02F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US.A. 4 505 587 (HAUS HERMANN A ET AL) 19. März 1985 siehe Zusammenfassung siehe Spalte 1, Zeile 43 - Spalte 3, Zeile 20 siehe Spalte 4, Zeile 15 - Zeile 18 siehe Ansprüche; Abbildungen	1-3
A	--- ELECTRONICS LETTERS, 5 AUG. 1993, UK, Bd. 29, Nr. 16, ISSN 0013-5194, Seiten 1449-1451, XP 000388437 TANAKA H ET AL 'Optical short pulse generation by double gate operation of tandem connected electroabsorption modulators driven by sinusoidal voltages' in der Anmeldung erwähnt siehe das ganze Dokument -----	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nabelegend ist

\*A\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Februar 1996

Abmeldedatum des internationalen Recherchenberichts

21.02.96

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Iasevoli, R

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 95/01538

Im Recherchenbericht  
angeführtes Patentdokument

Datum der  
Veröffentlichung

Mitglied(er) der  
Patentfamilie

Datum der  
Veröffentlichung

US-A-4505587

19-03-85

KEINE

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**